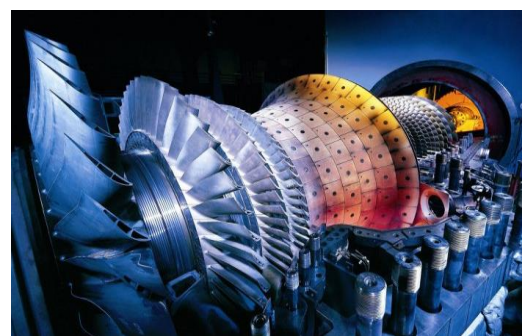


先进能源科技动态监测快报



本期重点

- 特朗普政府公布 2018 财年预算纲要 能源部预算遭遇削减
- 欧盟能源领域网络安全报告提出四大战略优先领域
- IEA 提出可再生能源发电并网五大战略建议
- 日德联合开展大规模混合电池储能系统示范工程
- IEA：全球石油市场或于 2020 年后出现供应不应求

主管：中国科学院文献情报系统学科情报服务协调组

主办：中国科学院武汉文献情报中心

中国科学院文献情报系统先进能源情报网简介

中国科学院文献情报系统先进能源情报网是在中国科学院文献情报系统学科情报服务协调组的整体组织和指导下，由中国科学院武汉文献情报中心牵头组建，联合中国科学院文献情报系统能源领域相关研究所，共同搭建的情报研究资源共享及协同服务的非营利性情报研究及服务团体。先进能源情报网将汇聚中科院文献情报系统内与领域相关的战略情报研究人员、学科情报人员、研究所科研管理人员、研究所文献情报人员，以及相关的管理和学科专家，通过“协同开展情报研究服务、组合共建情报产品体系、促进情报资源交流共享、提升整体情报保障能力”的工作方式，创新院所协同的情报研究和服务保障模式，促进情报资源的共享、情报需求和情报供给的对接、情报技术方法的合作开发，实现情报能力的扩散和提升,进而对中国科学院各个层面（院层面、所层面、项目团队层面及科研人员层面）的重要情报需求提供坚实保障。

先进能源情报网成员单位

成员单位	单位名称
组长单位	武汉文献情报中心
副组长单位 (排名不分先后)	合肥物质科学研究院 大连化学物理研究所 青岛生物能源与过程研究所 广州能源研究所
成员单位 (排名不分先后)	上海高等研究院 山西煤炭化学研究所 上海应用物理研究所 兰州近代物理研究所 广州地球化学研究所 过程工程研究所 电工研究所 工程热物理研究所

联系人: 赵晏强 zhaoyq@whlib.ac.cn

郭楷模 guokm@whlib.ac.cn

电 话: (027) 87197630

目 录

决策参考

- 特朗普政府公布 2018 财年预算纲要 能源部预算遭遇削减..... 1
- 欧盟能源领域网络安全报告提出四大战略优先领域 2
- IEA 提出可再生能源发电并网五大战略建议..... 3

项目计划

- 日德联合开展大规模混合电池储能系统示范工程..... 5
- DOE 资助 590 万美元推进 CO₂ 资源化利用技术研发 6

前沿与装备

- 美科学家在沸石分子筛膜合成领域取得重大突破..... 7
- Nature: 光合作用中的量子设计原则指导仿生太阳能转化 7
- 美科学家研发全球首个水合氢离子电池..... 8
- 新型混合导电隔膜有效抑制锂硫电池穿梭效应..... 9
- 高产物选择性光驱动铈催化剂实现 CO₂ 到甲烷的高效转化 9

能源资源

- IEA: 全球石油市场或于 2020 年后出现供应不应求 10

本期概要

美国总统特朗普公布了就任后的首个联邦政府预算纲要报告指出，在不扩大财政赤字的前提下要大幅提高美国的国防预算以增强美国国防安全，重建美国军事实力，让美国再次伟大：其中，能源部（DOE）预算削减 17 亿美元（-5.6%）至 280 亿美元，较 2017 年减少 5.6%。其科技预算大幅回落，可再生能源、能效、化石能源、核能和电网相关应用技术研发预算将减少 45%；资助高风险、高回报能源技术与开发的先进能源研究计划署（ARPA-E）经费停拨；支持高能物理、能源、气候变化和生物学等基础研究的能源部科学局预算削减 9 亿美元（约 17%）。而 DOE 下属国家核安全局科学管理国家核武库相关预算增加 11%，另外核废料贮存库建设计划也获得 1.2 亿美元的重新启动资金。详见正文。

欧盟委员会发布《能源领域网络安全》报告，指出由于数字技术在能源基础设施方面发挥越来越重要的作用，能源网络的安全重要性因此日益凸显，报告分析能源网络安全的潜在威胁以及应对措施，确定了能源领域网络安全面临的挑战和具体需求，提出应对挑战的四个战略优先领域，包括：能源网络风险和威胁管理，网络防御，网络灵活性，容量和能力建设。详见正文。

国际能源署发布《风能、太阳能电力并网指导手册》报告指出，得益于技术进步和政策扶持，风能、太阳能等波动性可再生能源发电的成本持续下降，价格竞争力逐步显现。然而如何将其高效集成到电网中仍然面临一系列挑战。为此，报告为决策者和各利益相关方提出了五大战略性建议：（1）电网准则需要与波动性可再生能源的部署水平相匹配；（2）风能和太阳能发电厂的电力输出能力必须反映在更广泛的计划的电力运行计划当中；（3）构建有效的波动性可再生能源发电预测系统；（4）建立一个系统的方法将现有的电网使用价值最大化；（5）采取重要措施调整波动性可再生能源发电厂以适应电力系统扩张需求。详见正文。

国际能源署发布《石油中期市场报告 2017》指出，未来三年全球石油市场仍将保持供需平衡状态，但 2020 年以后供应增长将显著下降，引起供需关系变化导致市场趋紧，到 2022 年过剩产能将降至十四年来的最低点。如果新的投资项目无法快速推出，到 2020 年以后全球石油供应或将供不应求，从而导致油价大幅上升，引发石油市场波动：2016 至 2022 年间，全球石油需求预计增长 720 万桶/日，年均增幅 1.2%，比 2009 至 2015 年的平均增长率要低三个百分点。到 2019 年石油需求将从当前的 9660 万桶/日首次升破 1 亿桶/日大关，到 2022 年将增长至 1.04 亿桶/日。随着油价回升，石油行业的上游投资将将于 2017 年开始恢复增加，预计 2016 至 2022 年间全球石油产能增长将增长 560 万桶/日。其中非 OPEC 国家产量（包括生物燃料）将增长 330 万桶/日，占到全球增长总量的 60%；而 OPEC 国家原油产量则增长 195 万桶/日，天然气凝析液增长 35 万桶/日。

特朗普政府公布 2018 财年预算纲要 能源部预算遭遇削减

3月16日，美国总统特朗普公布了2018财年联邦政府预算纲要报告指出¹，在不扩大财政赤字的前提下要大幅提高美国的国防预算以增强美国国防安全，重建美国军事实力，让美国再次伟大。2018年联邦政府总预算1.065万亿美元，比2017财年的临时拨款法案预算减少了0.3%，其中，与国防军事相关的部门预算都获得了提高，国防部预算增加540亿美元（+10%）至6390亿美元，而国土安全部和退伍军人事务部的预算分别增加28亿美元（+6.8%）和44亿美元（+6%），同时减少对外援助资金。根据财政赤字不扩大原则，美国国防支出增加所需的资金将通过大幅削减其他部门的预算取得，意味着其他联邦政府部门的经费面临不同程度的降低。

能源和制造业的应用技术研发计划以及气候研究方案均在不同程度上受到了削减²。其中，能源部（DOE）预算削减17亿美元（-5.6%）至280亿美元，较2017年减少5.6%，其科技预算部分大幅回落，可再生能源、能效、化石能源、核能和电网相关应用技术研发预算将减少45%；资助高风险、高回报能源技术与开发的先进能源研究计划署（ARPA-E）经费停拨；支持高能物理、能源、气候变化和生物学等基础研究的能源部科学局预算削减9亿美元（约17%）。

另一方面，作为国防资金总体增长的一部分，DOE下属国家核安全局科学管理国家核武库相关预算获得增加，其中国家点火装置等资助额增加约11%。DOE还安排65亿美元预算用于清理能源研究和核武器生产中的废物及污染遗留物，以支持相关企业的现代化，从而保护人类健康和环境。此外，内华达州丝兰山核废料贮存库建设计划获得1.2亿美元的重新启动资金³，这一贮存库需要容纳7.7万吨高放射性核废料。自20世纪70年代以来，已有数十亿美元用于评估丝兰山是否适合作为放射性废料贮存库，而前总统奥巴马在2010年叫停了该计划。

目前出台的还是预算纲要，提供的细节相对较少，如没有提及税改、医改废除/替换，意味着还需要经过后期的完善，且经国会批准后方可生效。特朗普政府将在5月公布详细的预算报告，届时才能真正了解能源部2018财年最终预算情况。

¹ America First. A Budget Blueprint to Make America Great Again. https://www.whitehouse.gov/sites/whitehouse.gov/files/omb/budget/fy2018/2018_blueprint.pdf

² First Trump Budget Proposes Massive Cuts to Several Science Agencies. <http://www.aaas.org/news/first-trump-budget-proposes-massive-cuts-several-science-agencies>

³ A grim budget day for U.S. science: analysis and reaction to Trump's plan. <http://www.sciencemag.org/news/2017/03/trumps-first-budget-analysis-and-reaction>

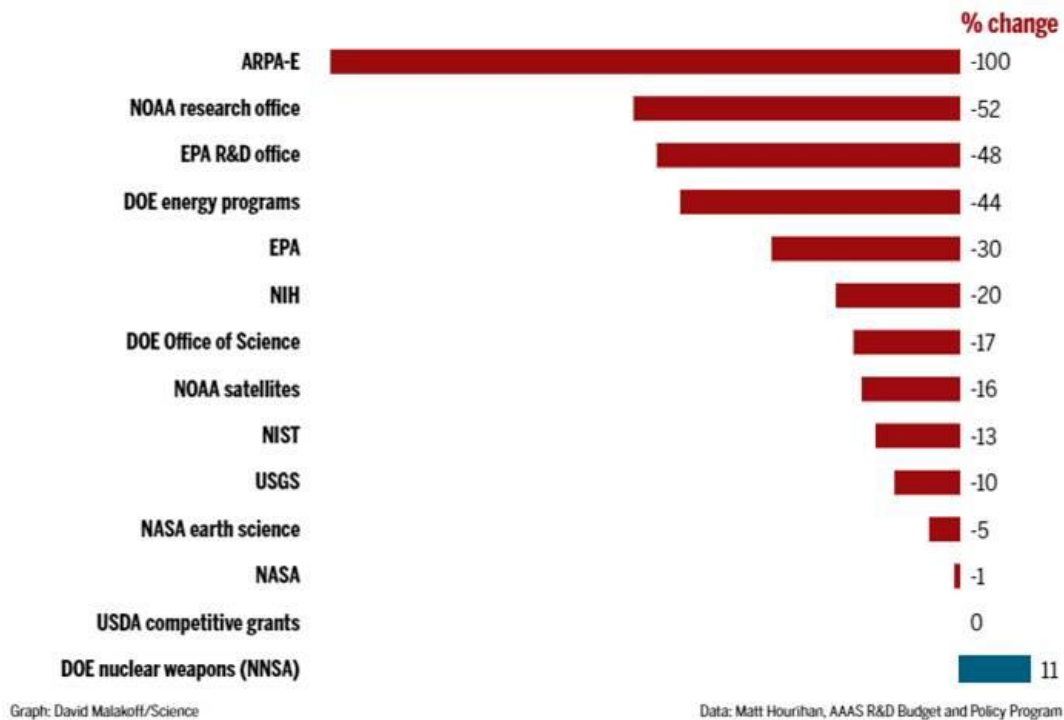


图 1 特朗普政府预算纲要中不同科学机构预算削减情况

(吴勘 郭楷模)

欧盟能源领域网络安全报告提出四大战略优先领域

3月7日，欧盟委员会发布《能源领域网络安全》报告⁴，确定了能源领域网络安全面临的挑战和具体需求，指出四个战略优先领域：网络风险和威胁管理，网络响应框架构建，网络灵活性以及网络安全能力建设。由于数字技术在能源基础设施方面发挥越来越重要的作用，其能够控制能源生产，传递关于消费的信息和监测需求，使得能源领域面临的网络威胁加大。报告建议分析内部网络安全的潜在威胁以及应对措施，鼓励欧盟共享能源领域网络安全风险信息。同时，建立能源领域网络安全应对框架以防范潜在的攻击，采取措施提高能源基础设施对可能出现的安全漏洞的抵御能力。

欧盟能源专家网络安全平台（EECSP）专家组确定了能源领域（电力包括核能，石油和天然气）网络安全的两个目标：（1）建立安全能源系统为欧洲提供必要服务；（2）保护能源系统中的数据和欧洲公民的隐私。同时，提出了应对能源领域网络安全挑战的战略重点及行动计划，具体内容如下：

- **建立一个有效的风险管理系统**

确定欧盟能源领域基本服务的运营商；对欧洲能源领域具体的威胁和风险分析处理计划进行补充；建立可接受的和有效的治理方式，即区域性的网络安全专题合

⁴ Cyber Security in the Energy Sector. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/eecsp_report_final.pdf

作；对影响能源领域关键作用的安全漏洞事件进行披露，以促进有效沟通。

- **建立一个有效的网络响应框架**

确定并实施针对能源领域的网络应对和协调框架，同时兼顾能源在数字社会中的核心作用；加强区域合作，以便在涉及和影响能源安全问题时能够有效处理网络紧急情况。

- **不断提高网络灵活性**

加大对能源领域的保护，建立完善的欧洲能源网络安全框架；建立一套完整的供应链，使公共机构能够在不断发展的供应链中讨论可行的解决方案；增加欧盟顶层机构的宣传活动，促进内部协调以及寻求国际合作，加强国际联盟。

- **建设网络安全所需的技术能力**

建立相应的技术能力来解决能源领域的网络安全问题，为网络安全提供专业知识，从数量和质量方面提升研究能力。

（吴勘）

IEA 提出可再生能源发电并网五大战略建议

3月16日，国际能源署（IEA）发布《风能、太阳能电力并网指导手册》报告⁵指出，得益于技术进步和强有力的政策扶持，近年来风能、太阳能等波动性可再生能源发电的成本持续降低，在有些国家已经接近甚至低于传统化石燃料发电成本，展现出了强劲的价格竞争力。然而如何将其高效并网仍然面临一系列挑战。为此，报告详细探讨了这些挑战，并为决策者和各利益相关方提出了战略建议。

当前，风能、太阳能在全球诸多国家蓬勃发展。截至2015年底，全球有10个国家波动性可再生能源发电年均增量百分比达到了两位数，其中丹麦的波动性可再生能源发电量在该国总发电量的占比达到了约50%，而爱尔兰、西班牙和德国占比均达到了20%左右，上述波动性可再生能源高比例并网国家的供电稳定性无一受到破坏。

当前仍然有一部分人对波动性可再生能源发电的可靠性提出质疑，认为该类电力资源存在波动性，高比例波动性可再生能源并网会对电力系统的稳定性带来冲击，需要优先解决储能问题。针对上述问题，IEA报告明确分析指出，集成波动性可再生能源技术不需要过多额外的努力，特别是在波动性可再生能源部署初期阶段。与需求波动相比，其电力生产的波动性是微不足道的，当前一些电力运行系统和发电机的设计方案中早已考虑了波动性可再生能源的并网问题。只要避免无规划、无节制地发展可再生能源，提高对可再生能源预测能力，完善当前的电网基础设施和电力市场机制，在不影响电力系统运行稳定性、成本和运营复杂性情况下，波动性可

⁵ Getting wind and sun onto the grid. http://www.iea.org/publications/insights/insightpublications/Getting_Wind_and_Sun.pdf

再生能源发电在目前的电力系统中实现有效并网集成是有可能的。

基于现有电力系统，报告将波动性可再生能源并网集成分为四个发展阶段，每个阶段具有特定的特征和运营优先级。第一阶段（并网比例为 3% 左右），由于波动性可再生能源在总发电量的占比较低，其对整个电力系统的影响基本可以忽略不计，该阶段重点是明确太阳能和风力发电项目并网时间，以及并网技术要求；第二阶段（并网比例 3% 到 15% 之间），随着波动性可再生能源电力占比增长，重点转向可再生能源电力并网消纳问题，并将波动性可再生能源发电预测纳入到发电站的电力分配和调度计划中，以确保电力系统灵活性和稳定性；第三阶段（并网比例 15% 到 25%），在高比例波动性可再生能源并网集成的背景下，波动性可再生能源将给稳定的电力运行系统和其他发电厂的灵活性带来真正意义上的挑战，即重点关注如何在高比例集成波动性可再生能源电力的情况下，确保电力系统的稳定性和供需平衡；第四个阶段（并网比例 25% 及以上），波动性可再生能源并网集成面临的挑战本质上是与电力稳定性相关的技术性问题，即强化电力系统抵御干扰和瞬态恢复能力。

鉴于当前大多数国家的波动性可再生能源并网发展都处于第二阶段，报告着重就前两个发展阶段面临的挑战为决策者和各利益相关方提出了战略建议：

- 电网并网准则要与波动性可再生能源的部署水平相匹配。由于电网并网准则本身的技术特性，很少电网相关政策会关注电网准则。当前大多数与波动性可再生能源相关的电力供应安全问题都与电网并网准则相关，因此亟需借鉴国际上成功案例来更新完善现有的可再生能源并网准则，以解决集成波动性可再生能源电网的电力供应安全问题。

- 电力运行计划必须充分考虑风能和太阳能发电输出能力。电力系统运营商必须对电厂进行实时监测并形成可视化数据以了解电厂运行情况，从而根据实时用电情况将发电任务分配到相应的发电厂；此外，电力运营商必须具备严格控制波动性可再生能源电力输出比例能力，这对运营商实现维护电力供应安全目标至关重要。

- 构建高效的波动性可再生能源发电预测系统。尽管缺乏高效的风能和太阳能发电预测系统不会危及电力供应安全，但它将导致波动性可再生能源的并网成本增加，因此电力运营商必须针对波动性可再生能源并网的电力系统构建备用容量。

- 建立一个系统的方法。将现有的电网使用价值最大化，以及设定一个电网扩张计划，解决波动性可再生能源并网过程中电网遇到的瓶颈问题。

- 采取重要措施调整波动性可再生能源发电厂以适应电力系统扩张需求。国际经验表明，一个平衡风能和太阳能发电厂的组合，可以作为电力系统的补充，从而更好地发挥现有电网系统的价值。而且，相比集中式发电，分布式发电拥有更平滑的电力输出，因此更容易管理。

（郭楷模）

项目计划

日德联合开展大规模混合电池储能系统示范工程

3月21日，日本新能源产业技术综合开发机构（NEDO）宣布将于2017-2020年间资助28.8亿日元，用于支持与德国下萨克森州经济、劳动与交通部联合开展的“大规模混合电池储能系统示范工程”主题下遴选的两个创新研发项目，包括：“大型混合电池储能系统的构建”和“并入大型混合电池储能系统的全新电力交易商业模式的构建”⁶，旨在通过混合电池储能系统充放电功能来调谐电力系统的供需平衡，解决可再生能源高比例并网带来的电网不稳定性问题，创建全新的电力交易商业模式，推动可再生能源的发展。两个创新研发项目的具体内容如下：

1、大型混合电池储能系统的构建

基于日立化成公司的锂离子电池、日本碍子公司的钠硫电池、日立电源方案公司的电力系统信息和蓄电池控制系统（该系统集成德国EWE AG公司的电力交易系统实现平衡组内外电力交换信息）建造大型混合电池储能系统。该系统集成了锂离子电池、钠硫电池的充电效率高、放电量大、循环寿命长的特性。通过该大型混合电池储能系统，能够替代并实现原来火力发电的四种功能：预备一级电力供给控制、预备二级电力供给控制、维持电力平衡、稳定电力系统频率以及电压功能。日立化成负责项目管理，并进行锂离子电池系统的开发和管理，日立电源方案公司负责系统集成、电网控制系统搭建，日本碍子负责钠硫储能系统搭建。

项目承担机构：日立化成公司，日本碍子公司，日立电源方案公司，德国EWE AG电力公司。

2、并入大型混合电池储能系统的全新电力交易商业模式的构建

开展大型混合电池储能系统示范工程，验证技术的可行性。最终探索出新兴电力交易商业模式，用于大规模应用大型混合电池储能系统的电网。EWE AG负责项目管理，其中子公司EWE NETZ负责进行系统运用、设备安装调试、系统集成工作，子公司EWE TRADING负责电力交易模式的构建。

项目承担机构：日立化成公司，日本碍子公司，日立电源方案公司，德国EWE AG及相关子公司，德国埃维工程师协会，德国EEW公司。

（郭楷模）

⁶ ドイツで大規模ハイブリッド蓄電池システム実証事業を開始へ。 http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100738.html

DOE 资助 590 万美元推进 CO₂ 资源化利用技术研发

2月22日，美国能源部（DOE）宣布资助590万美元用于开展“燃煤电厂CO₂捕集、封存和资源化利用技术”主题研发项目⁷，旨在通过研发新型CO₂高效捕集、封存技术，减少碳排放，同时创新资源化利用方式以将CO₂更好地转化为具有工业应用价值的能源、材料和化工等产品。本次项目资助涵盖三大技术主题，包括：CO₂微生物捕集技术，CO₂原料化处理技术，CO₂物理化学处理技术，具体内容参见表1。

表1 燃煤电厂CO₂捕集、封存和资源化利用三大技术主题研发项目具体内容

技术主题	项目内容	DOE 资助 金额/万美 元
CO ₂ 微生物捕集 技术	CO₂ 到生物塑料等化学品转化： 开发一个光生物反应器/池塘养殖集成系统，以降低微藻的养殖成本；利用微藻 CO ₂ 捕集技术从燃煤烟气高效捕集 CO ₂ ，并以此为碳资源将其转化为具有高附加值的生物塑料、化学品和燃料等。	100
CO ₂ 原料化处理 技术	开发和评估一种全新的 CO ₂ 原料化处理技术，即以燃煤和钢铁加工过程产生的废弃物为原料，生产机械性能与传统的波特兰水泥基混凝土相当的碳化结构材料。	100
CO ₂ 物理化学处 理技术	<ul style="list-style-type: none">• CO₂ 到醇类化学品的电学转化：开发和测试一种两相电解槽工艺，将燃煤电厂烟道气源中的 CO₂ 转化为 C2/C3 醇，如乙醇和丙醇。• CO₂ 到高附加值产品的转化：开发电子束合成工艺，以燃煤电厂烟道气源中捕集的 CO₂ 为原料合成有价值的化学品，如乙酸、甲醇和 CO 等。• CO₂ 到合成气的转化：开发一种新的催化反应器工艺将燃煤电厂烟道气源中捕获 CO₂ 转化为甲烷气体，并进一步以此为原料制备合成气。• CO₂ 到燃料转化的新工艺：开发并优化混合金属氧化物吸附剂，基于该吸附剂研发全新的热催化过程，将从燃煤电厂烟道气中捕获的 CO₂ 高效转化为合成气。• CO₂ 到烯烃的合成新工艺：研发一种新型纳米催化剂，并在此基础上开发出将燃煤烟气中 CO₂ 高效转化合成轻质烯烃（如乙烯和丙烯）新工艺。	390

（郭楷模）

⁷ Department of Energy Invests \$5.9 Million in Projects to Advance Novel CO₂ Utilization Strategies. <https://energy.gov/fe/articles/department-energy-invests-59-million-projects-advance-novel-co2-utilization-strategies>

美科学家在沸石分子筛膜合成领域取得重大突破

MFI 沸石分子筛膜是一种可以实现分子筛分的新型膜材料，具有膜孔均一、耐高温、耐腐蚀、不溶胀等优点，是理想的膜分离材料，然而难于放大合成和高成本一直是限制沸石分离膜应用的瓶颈。美国明尼苏达大学 Michael Tsapatsis 教授课题组在沸石分子筛膜合成方面取得了重大突破，合成了超高选择性、高通量超薄沸石分子筛膜，为其工业化应用奠定了基础，在节能减排、资源高效转化和环境保护中将发挥重要作用。研究人员基于 MFI 晶体结构的沸石种子层采用自下而上的方法在硅衬底上一步法合成了高长径比、形貌高度均一的 MFI 沸石纳米片晶体，该方法简单易拓展。透射电镜表征结果显示，纳米片的厚度仅为 5 nm，宽度却达到了几个微米，是先前文献已报道 MFI 沸石纳米片宽度的 10 倍。随后将其从硅衬底玻璃剥离得到无衬底的 MFI 沸石纳米片，通过简单抽滤的办法直接将其铺到多孔硅纤维（SSF）载体上制备了 MFI 沸石分子筛膜。该膜可实现二甲苯异构体的高效分离，在 150°C 温度下，其二甲苯异构体的渗透率达到了 $0.56 \times 10^{-6} \text{ mol Pa}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ，分离系数达到了 2000，其分离性能是目前已报道的 MFI 沸石分子筛膜的最佳值。此外，经过 5 周的测试后，其二甲苯异构体的渗透率和分离系数分别维持在 $0.35 \times 10^{-6} \text{ mol Pa}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 和 1200，表现出优秀的性能稳定性。该项研究开发了一种全新的超高选择性 MFI 沸石分子筛膜制备方法，该方法突破了分子筛膜的放大合成、制备成本高的限制，对于推动分子筛膜商业化应用具有重要意义。相关研究成果发表在《Nature》⁸。

（郭楷模）

Nature：光合作用中的量子设计原则指导仿生太阳能转化

自然界中光合作用是将太阳光量子转化为高能产品以驱动生命生化反应的自然过程，是地球上最重要的能量转换和物质转换过程，为几乎所有生物提供赖以生存的物质基础和能源基础。对光合作用的原理和仿生研究对探索人工高效利用太阳能，解决人类面临的能源和环境问题具有重要应用价值。荷兰阿姆斯特丹自由大学 Rienk van Grondelle 教授课题组介绍了光合作用反应中心的研究进展，特别是电荷分离过程，并提出了指导仿生太阳能转化的设计原则。光合作用包括能量转移的激发和电荷分离两个基础过程。在最优条件下，每个吸收的光子都用于生物体的光合成。光合作用中，在光合反应中心的电荷分离过程中，太阳激发能转化为一对稳定电荷的转化效率接近 100%，研究人员分析了存在于紫细菌和蓝细菌、藻类等放氧生物中的

⁸ Mi Young Jeon, Donghun Kim, Prashant Kumar, et al. Ultra-selective high-flux membranes from directly synthesized zeolite nanosheets. *Nature*, Published online 15 March 2017, DOI: 10.1038/nature21421.

PSII 反应中心。电荷分离过程是将激发态的能量转化为稳定的电荷分离状态，在缺少醌类物质的反应中心，系统的能量在几百飞秒的时间内降为最低状态。通过前期的研究，并结合光谱实验和调整的 Redfield 理论，对光驱动的电荷分离过程有了新的理解。对于 PSII 反应中心，已经发现了数种可避免能量损失，使电荷分离达到 100% 的解决方案。基于电荷分离研究的新进展，研究人员总结了指导设计与构建高效人造太阳光能转化系统的四个原则：（1）激发态与能量转移态混合原则；（2）共振作用；（3）蛋白复合体控制的电荷转移；（4）蛋白复合体控制的共振作用。该项研究提出了一种仿生设计，旨在理解人造能量转化系统的机制，并促进其发展。有望应用在太阳能光伏发电、染料敏化电池、太阳能制燃料（人工树叶）等领域，改善这些系统在电荷转移和分离过程中的能量损失，增强系统性能。相关研究成果发表在《Nature》⁹。

（苏郁洁 郭楷模）

美科学家研发全球首个水合氢离子电池

锂离子电池较小的能量密度以及电解质易燃易爆问题限制了其应用范围，研发新型低成本、高能量密度、长寿命、安全可靠电池技术成为了前沿研究热点。俄勒冈州立大学 Xiulei Ji 教授课题组联合加州大学河滨分校的研究人员开发了全球首个水合氢离子 (H_3O^+) 电池（即以 H_3O^+ 为正电荷载流子，传统的电池技术主要采用碱金属离子或者铝离子作为正电荷载流子），由活性炭正极、硫酸电解质和茚四甲酸二酐 (PTCDA) 有机晶体负极组成。恒电流充放电测试结果显示，在 1A g^{-1} 的充放电电流下， H_3O^+ 电池初次循环的放电比容量为 68mAh g^{-1} ，经过 5 次循环后，放电比容量增大并稳定在 85mAh g^{-1} ，主要是 PTCDA 电极进一步还原和电池极化降低的原因。随后进一步通过非原位 X 射线谱研究 PTCDA 插层电极在电池循环过程中的物理化学性质变化。在 -0.17V 充电时，PTCDA 电极材料的 X 射线谱出现了 7.8° 新衍射峰，对应 (001) 晶面，同时 (001) 晶面衍射峰发生左移；进一步充到 -0.4V 时，该 (001) 晶面衍射峰强度增大，并且分别在 (021) 晶面和 (042) 晶面衍射峰的左边出现 11.6° 和 23.4° 新衍射峰。通过谢乐公式可知，PTCDA 晶体的 (021) 晶面晶格常数从 0.72nm 增大到了 0.77nm ，而 (042) 晶面晶格常数则从 0.36nm 增大到 0.38nm ，意味着 PTCDA 电极材料在充电过程中发生了体积膨胀。而当电池放电时候，上述新出现的 X 射线衍射峰又消失，偏移的衍射峰又返回原来的位置，即晶体体积又恢复了初始状态，表明了 PTCDA 晶体具备了优异的结构可逆性。该项研究开发了首个以水合氢离子为电荷载流子的电池，具备了较高的电荷储存容量和良好的可逆性，有望开辟全新的电池技术，为电网规模储能带来全新的解决方案。相关

⁹ Elisabet Romero, Vladimir I Novoderezhkin, Rienk van Grondelle. Quantum design of photosynthesis for bio-inspired solar-energy conversion. *Nature*, 2017, 543, 355–365.

研究成果发表在《*Angewandte Chemie International Edition*》¹⁰。

(郭楷模)

新型混合导电隔膜有效抑制锂硫电池穿梭效应

锂硫电池质量轻、环境友好、储量丰富、价格低廉而且具有很高的理论容量和比能量密度，作为新一代储能器件引起广泛关注，然而聚硫化物穿梭效应使得该类电池循环能力和容量迅速衰减，成为了锂硫电池商业化应用的一大障碍。南加州大学研究人员开发了一种全新的柔性混合导电隔膜（MCM），由锂钴氧（LCO）、聚偏氟乙烯（PVDF）和 N-甲基-2-吡咯烷酮（NMP）组成。扫描电镜表征结果显示该新型 MCM 为无孔结构，意味其能够有效地抑制放电产物多硫聚物的溶解及其从正极穿梭到负极，从而确保高的活性物质利用率和循环稳定性，避免了电池性能衰退。此外，良好的柔韧性则可抑制锂负极的枝晶刺穿隔膜，高离子导电性（导电率为 $1 \times 10^{-3} \text{S cm}^{-1}$ ）的 LCO 又保证了隔膜具备了优秀的锂离子传导能力，因此该 MCM 是良好的隔膜材料。研究人员随后将其应用于锂硫电池中，穿梭电流测试显示，相比无 MCM 隔膜电池，含有 MCM 隔膜电池的穿梭电流大幅下降近 80%，表明了 MCM 隔膜能够有效地隔离多硫聚物。以 C/20 充放电速率、在 2.7V~1.8V 电压区间循环 200 次后，无 MCM 锂硫电池的容量保持率仅为 42%，库伦效率仅为 79%；相反，同样测试条件下，MCM 锂硫电池的容量保持率为 69%，库伦效率为 95%，表现出非常优异的循环性能和容量保持能力。并且，不同放电倍率（从 C/20 增大到 C/2）性能曲线图显示，MCM 锂硫电池具备更加优异的倍率性能。该项研究构建了全新的混合导电隔膜应用于锂硫电池中，很好地抑制多硫聚物的“穿梭效应”，增强了电池的倍率性能、循环稳定性和容量保持率，有助于推动锂硫电池商业化应用。相关研究成果发表在《*Journal of The Electrochemical Society*》¹¹。

(郭楷模)

高产物选择性光驱动铑催化剂实现 CO₂ 到甲烷的高效转化

催化氢化是二氧化碳资源化利用的重要技术手段，可生成甲烷、甲酸或甲醇等高附加值的化学品、燃料，因而具有广阔的应用前景，提高催化氢化二氧化碳转化率是该技术迈向商业化的关键。杜克大学研究人员最新研究发现，用紫外线照射等离子体共振特性的铑（Rh）金属催化剂能够实现二氧化碳到甲烷高效转化。研究人员通过高温油浴还原制备了铑金属纳米颗粒，透射电镜显示颗粒平均尺寸为 37nm，

¹⁰ Xingfeng Wang, Clement Bommier, Zelang Jian, et al. Hydronium-Ion Batteries with Perylenetetra-carboxylic Dianhydride Crystals as an Electrode. *Angewandte Chemie International Edition*, 2017, 56 (11): 2909-2913.

¹¹ Derek Moy, S. R. Narayanan. Mixed Conduction Membranes Suppress the Polysulfide Shuttle in Lithium-Sulfur Batteries. *Journal of The Electrochemical Society*, 2017; 164 (4): A560.

紫外可见光谱测试显示该 Ru 纳米颗粒的等离子体共振吸收峰中心在 334nm。随后按照 1.02% 的质量比将其均匀地分散负载在氧化铝 (Al₂O₃) 纳米颗粒载体上形成 Rh/Al₂O₃ 催化剂。在 623K 温度和紫外光照射条件下 (气氛环境均为 60.1 ml min⁻¹ 氢气流和 10.9 mAh g⁻¹ 的 CO₂ 气流条件下), 对上述催化剂进行热驱动 (即加热处理, 温度设定为 350 摄氏度) 和光驱动 (紫外光照射, 光强度设定为 3 W cm⁻²) 催化性能研究, 结果显示在紫外光驱动下 Rh/Al₂O₃ 催化剂的 CO₂ 催化转化为甲烷效率是热驱动的 7 倍, 并且热催化反应 CO₂ 到甲烷转换率仅为 60%, 而光催化反应 CO₂ 到甲烷转换率则高达 98%。表面活化能 (E_a) 测试显示, 热催化 CO₂ 转化甲烷的 E_a 值高达 ~78.6 kJ mol⁻¹, 而光催化 CO₂ 转化甲烷的 E_a 值大幅降低为 ~50.4 kJ mol⁻¹, 因此光催化的效率更高。研究人员进一步制备了金纳米颗粒负载的氧化铝催化剂 Au/Al₂O₃。同样的光照条件和气氛下, Au/Al₂O₃ 催化 CO₂ 的反应产物只有 CO, 表明了 Rh/Al₂O₃ 催化剂具有产物选择性, 也即具有生成甲烷的倾向性。该项研究制备了一种反应产物高度选择性的高效光驱动催化剂, 实现了 CO₂ 到甲烷的高效催化转化, 为二氧化碳的固定和资源化利用提供了新的技术路径。相关研究成果发表在《*Nature Communications*》¹²。

(郭楷模)

能源资源

IEA: 全球石油市场或于 2020 年后出现供应不应求

国际能源署 (IEA) 3 月 6 日发布《石油中期市场报告 2017》¹³指出, 未来三年全球石油市场仍将保持供需平衡状态, 但 2020 年以后供应增长将显著下降, 引起供需关系变化导致市场趋紧, 到 2022 年过剩产能将降至十四年来的最低点。如果无法快速推出新的投资项目, 到 2020 年以后全球石油供应或将无法满足需求的增长, 从而导致油价大幅上升。报告对未来五年全球石油市场需求、供应、贸易和炼化情况进行了预测, 相关要点如下:

1 需求

未来六年 (2016-2022 年), 全球石油需求预计会以 720 万桶/日的速度持续增长, 年均增幅 1.2%, 比 2009 至 2015 年的平均增长率要低三个百分点。到 2019 年石油需求将从当前的 9660 万桶/日首次升破 1 亿桶/日大关, 到 2022 年将增长至 1.04 亿桶/日。大部分的增长来自于非 OECD 国家, 到 2022 年其石油需求将在 2016 年的水平上增加 850 万桶/日, 届时占全球需求总量的 56%。同期, OECD 国家的石油需求

¹² Xiao Zhang, Xueqian Li, Du Zhang, et al. Product selectivity in plasmonic photocatalysis for carbon dioxide hydrogenation. *Nature Communications*, 2017, 8: 14542, DOI: 10.1038/NCOMMS14542.

¹³ Oil Market Report 2017. <http://www.iea.org/Textbase/npsum/oil2017MRSsum.pdf>

将减少 120 万桶/日，其中 OECD 欧洲国家和美洲国家降幅最为显著，依次减少 9.5 万桶/日和 6 万桶/日。

中国和印度等发展中国家的需求是助推石油消费增长的潜在驱动力。未来五年，全球石油需求增长的 70% 左右将来自亚洲国家。到 2022 年印度的石油需求增长将超越中国。然而汽车燃油效率提高、电动汽车发展和中国经济结构调整将会对石油需求增长起到一定的抑制作用。随着中国经济结构的调整，发展重点从石油密集型重工业和出口导向经济转向国内需求，其石油需求增速将放缓。即便如此，中国石油需求到 2022 年仍会增长 180 万桶/日。而由于相对疲软的汽油需求预期，美国成品油消费将从 2016 年的 1960 万桶/日略微下降至 2022 年的 1930 万桶/日。到 2022 年，全球电动汽车的市场占有率将达到 1.1%，意味着日均原油的需求将减少 20 万桶。

国际货币基金组织（IMF）预测全球经济将恢复活力，未来 5 年全球 GDP 年均增幅将达 3.7%，强劲的宏观经济会支撑石油需求的增加。但 IEA 同时强调指出，其预测易受到下列因素的干扰而存在很大的不确定性，包括：油价、变化的利率、石油供应投资步伐和地缘政治问题等。

图 1 至 2022 年全球石油需求预测（单位：百万桶/日）

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
OECD	46.4	46.7	46.8	46.6	46.4	46.2	45.9	45.5
Non-OECD	48.6	49.8	51.2	52.6	54.1	55.5	56.9	58.3
Total	95.0	96.6	98.0	99.3	100.5	101.7	102.8	103.8

2 供应

继 2015 年投资下滑 25% 后，低油价又导致 2016 年石油的上游勘探和生产支出再次大幅下滑 26% 至 4330 亿美元。但随着油价回升，石油行业的上游投资（尤其是北美地区）料将于 2017 年开始恢复增加，预计 2016 至 2022 年间全球石油产能将增长 560 万桶/日，其中非 OPEC 国家产量（包括生物燃料）将增长 330 万桶/日，占到全球增长总量的 60%；而 OPEC 国家原油产量则增长 195 万桶/日，天然气凝析液增长 35 万桶/日。

非 OPEC 国家的石油供应预计在 2017 年开始恢复，并在 2018/19 年间加速恢复，随后逐步放缓。到 2022 年，非 OPEC 国家的供应量将达到 6090 万桶/日，比 2016 年高 330 万桶/日。2016-2022 年期间，美洲国家持续主导这一增长。美国仍然是供应增长的第一来源，在预测期内会增加 160 万桶/日，之后是巴西（+110 万桶/日）和加拿大（+80 万桶/日）。美国页岩油（LTO）产量预计增长 140 万桶/日，天然气凝析液（NGLs）产量则增长 90 万桶/日。

受益于过去两年新增多个钻井项目，俄罗斯的石油产能有望得到显著改善，预测期内，俄罗斯石油产量将稳定在 1130 万桶/日。

伴随经济恢复增长和需求走强，OPEC 国家原油产能到 2022 年将增加 195 万桶

/日。增长将主要集中在低成本的中东地区，伊拉克、伊朗和阿联酋主导着 OPEC 国家的产量增长。

表 2 至 2022 年非 OPEC 国家供应预测（单位：百万桶/日）

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2016-22
OECD	23.4	23.6	24.4	24.9	25.3	25.7	25.8	2.4
<i>Americas</i>	19.5	19.8	20.5	21.1	21.4	21.7	21.8	2.4
<i>Europe</i>	3.5	3.4	3.4	3.3	3.4	3.5	3.4	-0.1
<i>Asia Oceania</i>	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.5	0.1
Non-OECD	29.6	29.6	30.0	30.1	30.0	29.9	29.9	0.2
<i>FSU</i>	14.2	14.3	14.6	14.6	14.5	14.4	14.3	0.1
<i>Europe</i>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-0.0
<i>China</i>	4.0	3.8	3.8	3.8	3.7	3.7	3.7	-0.3
<i>Other Asia</i>	3.6	3.5	3.4	3.3	3.3	3.2	3.2	-0.4
<i>Americas</i>	4.5	4.7	4.8	5.1	5.2	5.3	5.4	0.9
<i>Middle East</i>	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	-0.0
<i>Africa</i>	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.9	-0.1
Non-OPEC Oil Production	53.0	53.3	54.4	55.1	55.3	55.6	55.7	2.7
Processing Gains	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	0.2
Global Biofuels	2.3	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	2.8	0.4
Total-Non-OPEC Supply	57.6	58.0	59.3	60.1	60.4	60.7	60.9	3.3
Annual Change	-0.8	0.4	1.3	0.8	0.3	0.3	0.2	0.5
Changes from last MTOMR*	-0.1	0.3	0.9	1.1	0.8	0.3		

* Including Indonesia, excluding Gabon throughout

低油价迫使中国和哥伦比亚实施了大规模的减产措施，两国产量下滑程度超出了预期。2016 年，中国石油产量减少了 30 万桶/日，下滑至 10 年来的最低位，并且伴随经济改革和能源转型，到 2022 年中国石油产量预计下降至 370 万桶/日。而哥伦比亚石油生产商也大幅削减投资，致使石油产量大幅下滑 12%（-12 万桶/日）至 89 万桶/日，为 2004 年以来的最低值。但随着油价回升，石油投资将回暖，根据哥伦比亚石油协会数据显示，2017 年该国石油投资预计增长 30% 超过 30 亿美元，因此其产量缩减速度将放缓。

3 炼油和原油贸易

2015 年的低油价给炼油产商带来了丰厚的利润，刺激当年的炼油产能增加了 180 万桶/日。尽管石油需求增加了 200 万桶/日，但其增速仍然慢于原油产量的增速，致使石油产量过剩，库存于 2016 年年初开始逐渐增大，导致 2016 年石油市场整体上处于供应过剩状态，利润下降。此后，石油行业继连续两年缩减上游支出后开始对下游的投资进行了缩减，这对全球的炼油产量增加产生一定的遏制作用。

2016-2022 年间全球原油炼制产能预计将增加 650 万桶/日，石油需求总量预计增长 730 万桶/日，其中 140 万桶将来自非炼油厂加工的原油产品，而是来自生物燃料、天然气合成油和天然气分馏产品。预测期内，生物燃料是需求增速最快的产品，年均增幅将达到 2.9%，其次是天然气分馏产品（如乙烷、液化石油气等），年均需求增幅将达到 1.8%，而来自炼油厂加工的成品油需求增速最慢，年均 1.2%。

全球原油贸易还没有达到峰值，到 2022 年石油净进口需求将增加 150 万桶/日。

主要的增长来自亚洲地区，到 2022 年其原油进口需求将会增加 360 万桶/日到 2460 万桶/日，其中仅中国的进口需求届时就将高达 950 万桶/日，而印度也将达到 500 万桶/日。相反，北美和欧洲地区的石油净进口需求将逐渐减少，到 2022 年上述地区的进口需求将减少 220 万桶/日。

全球原油贸易将继续全球化，非 OPEC 国家（如巴西、加拿大等）出口的石油将越来越多，主要原因是这些国家石油需求增加迫使其产能不断扩张。预测期内，随着亚洲地区炼油产能扩张，到 2022 年亚洲少数的原油出口国也将变成原油进口国，届时亚洲原油市场将变得高度不平衡，从单一中东进口原油将无法满足该地区的需求，因而该地区将需要从前苏联国家、拉丁美洲和非洲进口更多原油。

2016 年 10 月，国际海事组织（IMO）公布了最新的海上硫排放上限标准。但到 2022 年，低硫排放的燃料仍将缺乏，一旦新的排放标准被严格执行，全球燃料价格势必会受到影响。而由此产生的低硫排放和高硫排放的燃料价格差，将会为减排技术的规模化部署应用创造有利的条件。

4 原油库存

2016 年底，OECD 国家石油库存总量达到了 29.8 亿桶，较 2013 年增加了 4.3 亿桶。未来几年，全球原油库存预计将继续快速增长，到 2022 年或将达到 2.3 亿桶，其中仅 40% 增长来自 OECD 国家的贡献。

就地区而言，亚洲、大洋洲地区将成为全球原油库存增长的主要推动力，其次是北美和中东地区。亚洲库存增加的主要原因是该地区需求强劲和炼油产能扩张。而在北美，致密油和油砂产量的增加也将助力原油库存增加。

亚洲、大洋洲地区正在建设一个 1.2 亿桶原油库存基地，并有一个 1.4 亿桶的新库存基地在计划当中。中国侧重于在沿海地区建立石油产品和化学品库存基地。印度由于受到技术限制，石油库存基地建设速度较为缓慢。马来西亚和韩国都忙于建设新的库存基地，从而成为重要的石油交易中心。受到炼油厂关闭的影响，澳大利亚炼油厂对石油消费量会出现下滑，但产量却减不下来，因此预测期内澳大利亚将会新建众多的石油库存基地以存储不断增加的石油产品。

美国一个 7000 万桶级别的原油和石油产品的库存基地正在建设当中，并计划进一步扩大库存规模。由于前些年美国放缓致密油生产，导致产能下降，因此美国原油库存上涨将接近 2016 年水平，到 2022 年将恢复增长。

中东有 17 个百万桶级别的石油库存基地正在建设当中，并且大部分都集中在阿联酋。富查伊拉是该地区最大的战略石油库存基地，被定位成一个全新的石油定价和库存中心。

由于内战爆发，设施受到炮弹袭击，利比亚失去了一个 700 万桶量级的石油库存基地。短期内，由于局势的不稳定性和缺乏资金，石油库存基础设施很难增加。

（郭楷模）

中国科学院武汉先进能源科技战略情报研究中心

中国科学院武汉先进能源科技战略情报研究中心是服务国家和中科院能源决策管理、科技创新、产业发展的专业情报研究机构，历年来承担和参与了多项国家级、中科院、省部级能源科技战略规划和重要科技计划研究。中心的主要产品包括《先进能源发展报告》、《先进能源动态监测快报》（半月刊）、《能源与科技参考》及各类深度能源情报研究分析报告，主要研究方向包括能源科技领域的国际科技战略与规划、科技计划与预算、科技进展与动态、科技前沿与热点、重大成果工程应用、重要科技政策与管理研究。

	研究内容	特色产品
战略规划研究	开展科技政策与科研管理、发展战略与规划研究等相关服务，为科技决策机构和管理部门提供信息支撑。	先进能源发展报告：科技引领能源 国际能源战略与新能源技术进展 金融危机背景下的能源战略 世界能源强国能源科技创新体系分析报告 美国能源科技计划管理机制及启示
领域态势分析	开展特定领域或专题的发展动态调研与跟踪、发展趋势研究与分析，为研究机构、企业的科研项目提供情报服务。	核电技术国际发展态势分析报告 太阳能热发电技术国际发展态势分析报告 智能电网国际发展态势分析报告 规模化电力储能技术国际发展态势分析报告 高端洁净煤发电技术国际发展态势分析报告
技术路线研究	开展产品、成果、专利或标准的情报研究，分析相关行业的现状及发展趋势，为企业发展与决策提供参考。	国际能源领域技术路线图解析 低阶煤热解/气化/循环流化床专利态势分析 新型煤气化技术发展报告 太阳能技术新突破：钙钛矿太阳电池 我国能源互联网发展重要战略问题研究

编辑出版：中国科学院武汉先进能源科技战略情报研究中心

联系地址：武汉市武昌区小洪山西 25 号（430071）

联系人：陈伟 郭楷模

电 话：（027）87199180

电子邮件：jiance@whlib.ac.cn

微信公众号：CASEnergy

